

ALIGNMENT DEVICE

Patent Number: JP5160001

Publication date: 1993-06-25

Inventor(s): MIZUTANI HIDEO

Applicant(s): NIKON CORP

Requested Patent: JP5160001

Application Number: JP19920136669 19920528

Priority Number(s):

IPC Classification: H01L21/027; G03B27/32; G03F9/00

EC Classification:

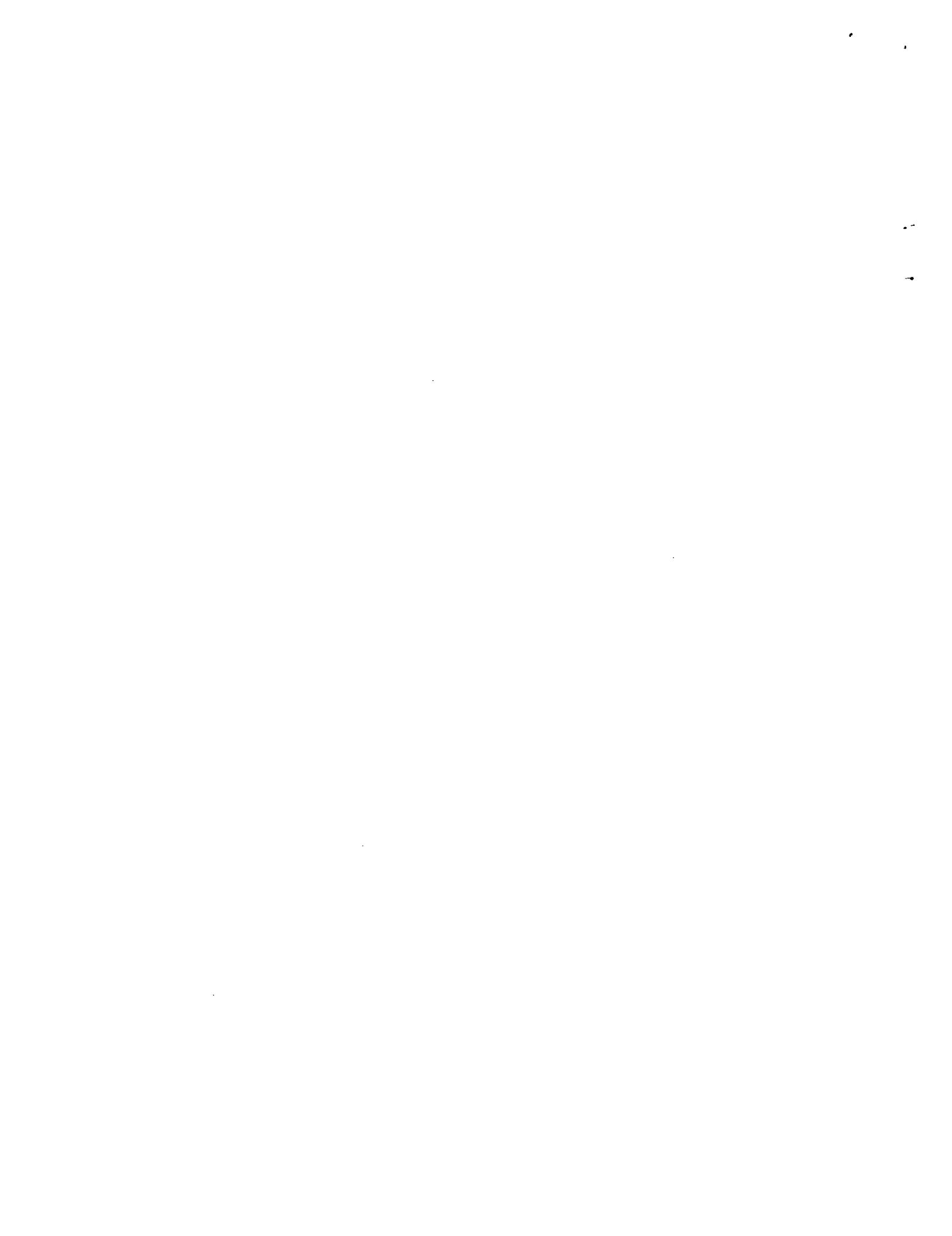
Equivalents: JP3221057B2

Abstract

PURPOSE: To realize a highly efficient alignment device for which a projection lens can easily be designed and manufactured by a method wherein an alignment optical system can easily be arranged by correcting the color aberration on the axis of a projection lens and by controlling the magnification color aberration.

CONSTITUTION: Diffraction gratings GXA1 and GXA2, having the function with which the on-axis color aberration DELTAL and the magnification color aberration DELTAT against irradiation beams LB1 and LB2 can be corrected simultaneously, are provided on the position symmetrical to the center of pupil surface of a projection lens. The irradiation beam LB1 projected to a wafer mark WMX is diffracted by the correction angle theta1 by a diffraction grating GXA1, and at the same time, the irradiation beam LB2 projected to the wafer mark WMX is diffracted by the correction angle theta2 using diffraction grating GXA2. As a result, the problem such as the coming into an exposing region of a reticle 2 by the magnification color aberration of the projection lens and the problem arising from the on-axis color aberration can be removed, and as a result, the degree of freedom in arrangement of an alignment optical system can be improved while the design and the manufacture of the projection lens are being facilitated.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-160001

(43)公開日 平成5年(1993)6月25日

(51)Int.Cl.⁵
H01L 21/027
G03B 27/32
G03F 9/00

識別記号 F 9017-2K
H 7818-2H
7352-4M

F 1
H01L 21/30 311 M

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3(全18頁)

(21)出願番号

特願平4-136669

(22)出願日

平成4年(1992)5月28日

(31)優先権主張番号 特願平3-129563

(32)優先日 平3(1991)5月31日

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 水谷 英夫

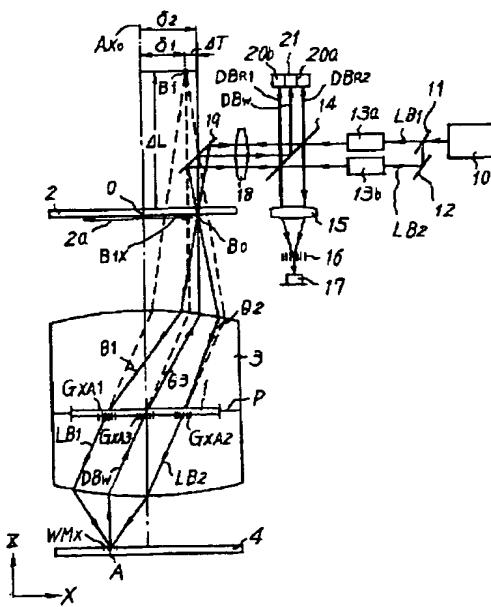
東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

(54)【発明の名称】アライメント装置

(57)【要約】

【目的】比較的簡素な構成であるにもかかわらず、投影レンズの軸上色収差を補正すると同時に倍率色収差をコントロールすることにより、アライメント光学系の配置を容易にしながら、投影レンズの設計及び製造を容易できる高性能なアライメント装置の実現を図る。

【構成】レチクルのパターンを基板に転写する投影レンズを備えた露光装置に設けられたアライメント装置において、上記レチクルと基板との間に、アライメント光に對して、軸上色収差を補正しながら倍率色収差をコントロールする機能を有する補正光学素子を配置した。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】レチクル上に形成された所定のパターンを露光光によって基板上に転写する投影レンズを備えた露光装置に設けられ、前記レチクルと前記基板との相対的な位置合わせを行うアライメント装置において、前記露光光とは異なる波長光のアライメント光を前記投影レンズを介して前記基板上に形成されたアライメントマークに照射する光照射手段と、該アライメントマークからの光を前記投影レンズを介して検出する検出手段とを有し、前記レチクルと前記基板との間に、照射光に対して投影レンズの軸上色収差と倍率色収差とは反対方向の軸上色収差と倍率色収差とを発生させる照射光補正光学素子と、検出光に対して投影レンズの倍率色収差とは反対方向の倍率色収差を発生させる検出光補正光学素子とを設け、前記照射光補正光学素子は、前記照射光のもとで前記アライメントマークの仮想的な像が投影レンズにより前記レチクル側に投影される第1の位置での前記投影レンズの軸上色収差量と同等な軸上色収差量を発生させるとともに前記第1の位置での前記投影レンズの倍率色収差量以上の倍率色収差を発生させて、前記露光光のもとで前記アライメントマーク像が投影レンズにより前記レチクル上に投影される第2の位置を境界として含む非露光領域の周辺側へ照射光路を偏向させ、検出光補正光学素子は、前記第1の位置での前記投影レンズの倍率色収差量以上の倍率色収差を発生させて、前記第2の位置を境界として含む非露光領域の周辺側へ検出光路を偏向させることを特徴とするアライメント装置。

【請求項2】レチクル上に形成された所定のパターンを露光光によって基板上に転写する投影レンズを備えた露光装置に設けられ、前記レチクルと前記基板との相対的な位置合わせを行うアライメント装置において、前記露光光とは異なる波長光のアライメント光を前記投影レンズを介して前記基板上に形成されたアライメントマークに照射する光照射手段と、該アライメントマークからの光を前記投影レンズを介して検出する検出手段とを有し、前記レチクルと前記基板との間に、照射光に対して投影レンズの倍率色収差とは反対方向の倍率色収差を発生させる照射光補正光学素子と、検出光に対して投影レンズの軸上色収差と倍率色収差とは反対方向の軸上色収差と倍率色収差とを発生させる検出光補正光学素子とを設け、前記照射光補正光学素子は、前記照射光のもとで前記アライメントマークの仮想的な像が投影レンズにより前記レチクル側に投影される第1の位置での前記投影レンズの倍率色収差量以上の倍率色収差量を発生させて、前記露光光のもとで前記アライメントマーク像が投影レンズにより前記レチクル上に投影される第2の位置を境界として含む非露光領域の周辺側へ照射光路を偏向させ、検出光補正光学素子は、前記第1の位置での前記投影レンズの倍率色収差量以上の倍率色収差を発生させて、前記第2の位置を境界として含む非露光領域の周辺側へ検出光路を偏向させることを特徴とするアライメント装置。

2

により前記レチクル上に投影される第2の位置を境界として含む非露光領域の周辺側へ照射光路を偏向させ、検山光補正光学素子は、前記第1の位置での前記投影レンズの軸上色収差量と同等な軸上色収差量を発生させるとともに前記第1の位置での前記投影レンズの倍率色収差量以上の倍率色収差量を発生させて、前記第2の位置を境界として含む非露光領域の周辺側へ検出光路を偏向させることを特徴とするアライメント装置。

【請求項3】前記照射光補正光学素子と前記検出光補正光学素子とは、前記投影レンズの瞳面内もしくはその近傍の面内に配置されていることを特徴とする請求項1または請求項2記載のアライメント装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、レチクル（マスク）上に形成されたパターンをウエハ上を転写する投影レンズを備えた半導体露光装置のアライメント（位置合わせ）装置に関するものであり、特に、レチクルのパターンをウエハ上に転写するための露光光とは異なる波長のアライメント光により、レチクルとウエハとの相対的な位置合わせを行うアライメント装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来において、投影対物レンズを通してウエハ上のアライメントマークを検出して、レチクルとウエハとのアライメントを行う装置は、露光光と異なる波長光のアライメント光により、ウエハ上に塗布されたレジストが感光しないような配慮がなされていた。

【0003】しかしながら、露光光とは異なる波長のアライメント光に基づいてアライメントを行っているため、投影レンズにより色収差が発生する問題があり、この色収差を補正するためのものとして、特開平3-3224号公報、特公平1-40490号公報が提案されている。特開平3-3224号公報では、投影レンズの入射瞳位置の光軸中心に1枚の補正レンズを配置することにより、露光光とは異なる波長光のアライメント光による色収差を補正している。これにより、ウエハマークからの±1次回折光を検出してアライメントを行っている。

【0004】また、特公平1-40490号公報では、レチクルと投影レンズとの間の露光光路外あるいは露光光路内に補正光学系を配置して、アライメント光が投影レンズを介すことによる色収差を補正している。そして、投影レンズを介してウエハ上に形成されるレチクルマーク像とウエハマークとを検出してアライメントを行っている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記特開平3-3224号公報では、投影レンズの入射瞳の中心に色収差補正用の補正レンズを配置し、この補正レンズは露光光に対し悪影響を及ぼさない程度に小さく構成されている。しかしながら、アライメント精度を向上させるためには、ウエハ

マークを構成する回折格子のピッチをより微細にする必要があるにも係わらず、投影レンズの入射瞳では、ウエハマーク（回折格子）のピッチを小さくすればする程、検出光としての±1次光の間隔が広がるため、補正レンズを小さくすることができないという原理的に欠点を有している。その結果、補正レンズが露光光に対して悪影響を及ぼす程大きくなってしまう。よって、より高精度なアライメントには対応できない問題を抱えている。

【0006】また、上記特公平1-40490号公報では、レチクルと投影レンズとの間の露光光路外あるいは露光光路内に補正光学系を配置することによって、投影レンズの軸上色収差を補正することが原理的に可能としている。しかしながら、アライメント光は露光光よりも波長が長いため、投影レンズを介してウエハマークの像を見ると、投影レンズの倍率色収差によって、レチクル上では露光領域内にウエハマーク像が入り込んでしまう場合がある。この場合には、レチクルと投影レンズとの間での露光光路外に設けられた傾角可変な平行平面板により、投影レンズの倍率色収差を補正してウエハマーク像を露光領域外へシフトさせることができある。ところが、この平行平面板が露光の1部を遮光してしまうため、この場合には対応できない。

【0007】さらに、レチクル及び投影レンズを介してアライメントを行う、所謂スルーザレチクル(TRL)方式、あるいは投影レンズを介してアライメントを行う、所謂スルーザレンズ(TTL)方式を採用する際に、レチクル上方あるいは下方に配置された反射鏡を介して基板(ウエハ)のアライメントマークからの光を取り出しているものの、投影レンズの倍率色収差によってレチクル側の露光領域内側へウエハマーク像がシフトする傾向がある場合には、上記反射鏡等が露光光の1部を遮ってしまう恐れがあり、アライメント光学系の配置条件が厳しくなる。

【0008】また、投影レンズは露光波長光に対する色収差（軸上色収差と倍率色収差）が補正されているものの、露光光とは別波長のアライメント光に対する色収差（軸上色収差と倍率色収差）まで補正すると、投影レンズの設計及び製造がより困難なものとなる。特に、エキシマ光源を露光光としするエキシマ用の投影レンズでは、石英、螢石等の極限られた硝材に制約され、しかもエキシマ光源の出力が高く、色収差のために、石英、螢石等の硝材を接合することが困難であり、露光光とは異なる波長のアライメント光に対する色収差まで補正することが難しく、投影レンズの設計及び製造をより困難なものとしていた。

【0009】本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、比較的簡素な構成であるにもかかわらず、投影レンズの軸上色収差を補正すると同時に倍率色収差をコントロールすることにより、アライメント光学系の配置を容易にしながら、投影レンズの設計及び製造を容

易できる高性能なアライメント装置を提供することを目的としている。

【0010】なお、本発明で言う倍率色収差とは横方向の色収差の事であり、これは、投影レンズを通過することによってガウス像面上で結像する露光光と同じ波長の軸外光と、投影レンズを通過することによって上記ガウス像面もしくはこれの前後で結像する露光光とは別波長のアライメント光との双方の主光線が上記ガウス像面上で交差する各交差位置間のズレを定義するものである。そして、倍率色収差量(横の色収差量) ΔT とは、投影レンズを通過することによってガウス像面上で結像する露光光と同じ波長の軸外光における主光線が上記ガウス像面で交差する交差位置から上記ガウス像面上での投影対物レンズの光軸位置までの距離を δ_1 、投影レンズを通過することによって上記ガウス像面もしくはこれの前後で結像する露光光とは別波長のアライメント光における主光線が上記ガウス像面で交差する交差位置から上記ガウス像面上での投影対物レンズの光軸位置までの距離を δ_2 とするとき、 $\Delta T = |\delta_2 - \delta_1|$ で定義されるものである。

(0011)

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、請求項 1 による発明は、上記の目的を達成するために、レチクル上に形成された所定のパターンを露光光によって基板上に転写する投影レンズを備えた露光装置に設けられ、前記レチクルと前記基板との相対的な位置合わせを行なうアライメント装置において、前記露光光とは異なる波長光のアライメント光を前記投影レンズを介して前記基板上に形成されたアライメントマークに照射する光照射手段と、該アライメントマークからの光を前記投影レンズを介して検出する検出手段とを有し、前記レチクルと前記基板との間に、照射光に対して投影レンズの軸上色収差と倍率色収差とは反対方向の軸上色収差と倍率色収差とを発生させる照射光補正光学素子と、検出手光に対して投影レンズの倍率色収差とは反対方向の倍率色収差を発生させる検出光補正光学素子とを設け、前記照射光補正光学素子は、前記照射光のもとで前記アライメントマークの仮想的な像が投影レンズにより前記レチクル側に投影される第 1 の位置での前記投影レンズの軸上色収差量と同等な軸上色収差量を発生させるとともに前記第 1 の位置での前記投影レンズの倍率色収差量以上の倍率色収差量を発生させて、前記露光光のもとで前記アライメントマーク像が投影レンズにより前記レチクル上に投影される第 2 の位置を境界として含む非露光領域の周辺側へ照射光路を偏向させ、検出光補正光学素子は、前記第 1 の位置での前記投影レンズの倍率色収差量以上の倍率色収差量を発生させて、前記第 2 の位置を境界として含む非露光領域の周辺側へ検出光路を偏向させるようにしたものである。

50 【0012】また、同じように上記目的を達成するだ

5

め、請求項2による発明は、レチクル上に形成された所定のパターンを露光光によって基板上に転写する投影レンズを備えた露光装置に設けられ、前記レチクルと前記基板との相対的な位置合わせを行うアライメント装置において、前記露光光とは異なる波長光のアライメント光を前記投影レンズを介して前記基板上に形成されたアライメントマークに照射する光照射手段と、該アライメントマークからの光を前記投影レンズを介して検出する検出手段とを有し、前記レチクルと前記基板との間に、照射光に対して投影レンズの倍率色収差とは反対方向の倍率色収差を発生させる照射光補正光学素子と、検出光に対して投影レンズの軸上色収差と倍率色収差とは反対方向の軸上色収差と倍率色収差とを発生させる検出光補正光学素子とを設け、前記照射光補正光学素子は、前記照射光のもとで前記アライメントマークの仮想的な像が投影レンズにより前記レチクル側に投影される第1の位置での前記投影レンズの倍率色収差量以上の倍率色収差量を発生させて、前記露光光のもとで前記アライメントマーク像が投影レンズにより前記レチクル上に投影される第2の位置を境界として含む非露光領域の周辺側へ照射光路を偏向させ、検出光補正光学素子は、前記第1の位置での前記投影レンズの軸上色収差量と同等な軸上色収差量を発生するとともに前記第1の位置での前記投影レンズの倍率色収差量以上の倍率色収差量を発生させて、前記第2の位置を境界として含む非露光領域の周辺側へ検出光路を偏向させるようにしたものである。

【0013】

【作 用】露光光とは異なる波長光のアライメント光(レーザ光)を投影レンズを介してウエハ上のアライメントマーク(回折格子)に照射し、ウエハ上のアライメントマークからの回折光を投影レンズを介して検出する際に、投影レンズには軸上色収差と倍率色収差とが発生する。このため、本発明では、レチクルとウエハとの間に、照射用のアライメント光と検出用のアライメント光の内、一方のアライメント光に対する軸上色収差を補正しながら倍率色収差をコントロールする第1光学素子と、他方のアライメント光に対する倍率色収差をコントロールする第2光学素子とを独立に設けている。

【0014】これにより、アライメント光に対する投影レンズの軸上色収差を補正しながら倍率色収差のコントロールが可能となるので、投影レンズではアライメント光に対する色収差の補正の必要が原理的になくなり、投影レンズの設計及び製造が格段に容易となる。しかも、投影レンズに倍率色収差が存在していてもアライメント光路を露光光路外へ任意に偏向できるため、アライメント光学系の配置の条件を緩和させることができる。

【0015】また、ウエハマークの回折格子のピッチを微細にして高精度なアライメントを行う際にも、上記の補正光学素子が露光光路中に占める割合を格段に小さくすることが原理的に可能となるため、露光光に対して悪

6

影響を及ぼすことない。よって、レチクル上の微細なパターンがウエハ上に忠実に転写させることが可能となる。

【0016】

【実施例】さて、図1は本発明による第1実施例の概略構成図を示しており、図1を参照しながら、本発明の第1実施例を説明する。所定の回路パターンが形成されたレチクル(マスク)2とウエハ(基板)1とは、露光光のもとで投影レンズ(投影対物レンズ)1に関して共役に配置されており、レチクル2及びウエハ4は、不図示の2次元的移動可能なステージに保持されている。不図示ではあるが投影レンズ1の上方には、照明光学系が設けられており、この照明光学系からは露光光として、例えばエキシマ光($\lambda=249\text{nm}:\text{KrF}$ 又は $\lambda=193\text{nm}:\text{ArF}$)がレチクル2上を均一照明し、レチクル2上の回路パターンが投影レンズ1によりウエハ上に転写される。

【0017】ここで、投影レンズ1はレチクル側とウエハ側とでテレセントリックとなるように構成されているとともに、露光光としてのエキシマ光に対して良好に色収差が補正されている。レチクル2及びウエハ4上には、アライメント用の回折格子マークRM₁, WM₁がそれぞれ形成されている。

【0018】さて、ウェハ4はステップアンドリピート方式で2次元移動する不図示のステージ上に吸着され、ウェハ4上の1つのショット領域に対するレチクル2の転写露光が終了すると、次のショット位置までステッピングされる。不図示のレチクルステージの一部には、レチクル2の水平面内でのX方向、Y方向及び回転(θ)方向の位置を検出するためのレーザ光波干渉式測長器30(以下、干渉計とする)からのレーザビームを反射する移動鏡が固定されている。この干渉計はX方向、Y方向、 θ 方向の位置を独立に検出するために3本の測長用レーザビームを有するが、ここでは説明を簡単にするため図示を省略してある。レチクルステージの移動ストローラーは数ミリメートル以下であり、干渉計の検出分解能は、例えば0.01 μm程度に定められている。

【0019】一方、不図示のウェハステージの一部にもウェハ4の水平面内でのX方向、Y方向の位置を検出するための干渉計からのレーザビームを反射する移動鏡が40固定されている。この干渉計もX方向、Y方向の位置を独立に検出するために2本の測長用レーザビームを有するが、ここでは説明を簡単にするため図示を省略してある。レチクルステージのX方向、Y方向、 θ 方向の駆動は不図示の駆動モータで行なわれ、ウェハステージの2次元移動もレチクルステージの駆動モータとは独立の駆動モータで行なわれる。

【0020】次に、図1に示した露光装置のアライメント系について説明する。アライメント用の照射光は、露光光とは異なる波長光を発するレーザ光源10、例えば6350 nmの光を発するHe-Ne レーザから射出される光束は、

7

光路分割部材としての半透過鏡11により光束L_{B1}と光束L_{B2}とにそれぞれ分割される。半透過鏡11を透過した光束L_{B1}は、第1光変調器としての第1音響光学素子13a(以下、AOM13aと称する。)を介する一方で、半透過鏡11を反射した光束L_{B2}は、反射鏡12を介した後、第2光変調器としての第2音響光学素子13b(以下、AOM13bと称する。)を介する。

【0021】ここで、AOM13aは、周波数 f_1 の高周波信号でドライブされ、AOM13bは、周波数 f_2 ($f_2 = f_1 - \Delta f$) の高周波信号でドライブされる。そして、ドライブ周波数 f_1 、 f_2 と周波数差 Δf との関係は、 $f_1 >> \Delta f$ 、 $f_2 >> \Delta f$ であるのが望ましく、 Δf の上限は後述するアライメント用の光電検出器の応答性によって決まる。

〔0022〕さて、AOM13a 及びAOM13b を介した光束LB₁，LB₂は、半透過鏡14により各々透過光と反射光とに分割され、この半透過鏡14を反射した各光束LB₁，LB₂は集光レンズ15によって集光される。この集光位置には、紙面方向にピッチを有する参照用の基準の回折格子16上が配置されており、相対的な周波数差が Δf となる2つの光束LB₁，LB₂によって、回折格子16上には流れる干渉縞が形成される。そして、回折格子16を介した回折光が光電検出器17にて光電検出される。この検出された参照信号（基準信号）は、回折格子16上に形成された流れる干渉縞の明暗変化の周期に応じた正弦波状の交流信号（光ビート信号）となる。

【0023】一方、半透過鏡14を通過した2つの光束LB₁，LB₂は、アライメント用対物レンズ18，反射鏡19を介して、レチクル2の露光領域外に設けられたレチクルマークRM₁上に集光される。このとき、レチクルマークRM₁上には光束LB₁，LB₂との周波数差△fにより流れる干渉縞が形成される。レチクルマークRM₁は、図2に示す如く、レチクル2の露光領域2aの外において、X方向（計測方向）にピッチを有する回折格子で構成されている。また、レチクルマークRM₁と隣接した位置に透過窓WI（以下、レチクル窓と称する。）が形成されている。

【0024】従って、アライメント系の対物レンズ18によってレチクル上に集光する照射光 L_{B_1} 、 L_{B_2} は、レチクルマーク R_{M_1} のみならず、レチクル窓 W_1 も同時にカバーするように所定の交差角を持った2方向で照明する。ここで、まずレチクルマーク R_{M_1} を所定の交差角で照明する光束 L_{B_1} 、 L_{B_2} について図3を参照しながら説明する。光束 L_{B_1} がレチクルマーク R_{M_1} を斜めに照射すると、光束 L_{B_2} の光路を逆に辿る方向(正反射方向)に光束 L_{B_1} の0次光 $D_{B_1}(0)$ が点線で示す如く発生し、また光束 L_{B_1} の光路を逆に辿る方向に光束 L_{B_1} の1次光 $D_{B_1}(+1)$ が点線で示す如く発生する。

【0025】一方、光東LB₂がレチクルマークRM₁

を斜めに照射すると、光束 $L B_1$ の光路を逆に辿る方向（正反射方向）に光束 $L B_2$ の 0 次光 $L B_{21}$ (0) が一点鎖線で示す如く発生し、また光束 $L B_2$ の光路を逆に辿る方向に光束 $L B_2$ の -1 次光 $L B_{22}$ (-1) が一点鎖線で示す如く発生する。ここで、レチクルマーク $R M_1$ のピッチ P_1 は、アライメント光の波長を入とし、照射光 $L B_1$ 、 $L B_2$ の交差角 $2\theta_1$ とするとき、 $\sin 2\theta_1 = \lambda / P_1$ の関係を満足するように設定されている。なお、図 1 及び図 3 中には、0 次光 $D B_{11}$ (0) と +1 次光 $D B_{21}$ ($+1$) を検出光 $D B_{11}$ として示し、0 次光 $D B_{11}$ (0) と -1 次光 $D B_{22}$ (-1) を検出光 $D B_{22}$ として示している。

【0026】再び図1に戻って、光束L_{B1}の光路を逆に辿る検出光D_{B1}（1次光L_{B1}：(+1)及び0次光L_{B1}：(0)）は、再び反射鏡19、対物レンズ18、半透過鏡13を介した後、対物レンズ18の瞳と共に役な位置に設けられた光電検出器20aに達する。そして、この光電検出器20aにてレチクルマークRM₁からの位置信号（光ビート信号）が検出される。これと同時に、光束L_{B2}の光路を逆に辿る検出光D_{B12}（-1次光D_{B12}：(-1)と0次光D_{B12}：(0)）は、再び反射鏡19、対物レンズ18、半透過鏡14を介した後、対物レンズ18の瞳と共に役な位置に設けられた光電検出器20bに達する。そして、この光電検出器20bにてレチクルマークRM₁からの位置信号（光ビート信号）が検出される。ここで、光電検出器20a、20bにて、この検出されたレチクル2の位置信号は、レチクルマークRM₁上に形成された流れる干渉縞の明暗変化の周期に応じた正弦波状の交流信号（光ビート信号）となる。

30 【0027】 次に、レチクルマークRM₁に隣接して設けられたレチクル窓WIを所定の交差角を持った2方向で照明する光束LB₁，LB₂について説明する。レチクル窓WIを所定の交差角θ₁を持った2方向で照明する光束LB₁，LB₂は、図1に示す如く、レチクル窓WIをそのまま通過し、投影レンズ3に対し軸外から入射する。

【0028】ここで、投影レンズ3は露光光に対して十分に色収差補正されているものの、露光光と異なる波長のアライメント光に対しては色収差補正されていない。
 40 このため、投影レンズ3の瞳（入射瞳）面P上には、図4に示す如く、投影レンズ3の光軸の中心を通り計算方向（X方向）に沿って、それぞれ互いに異なるピッチを有する3つの回折格子G_{1A1}～G_{1A3}（補正光学素子）が透明な円形状の基板1上に配置されている。回折格子G_{1A3}は投影レンズ3の光軸A₀上に、回折格子G_{1A1}及びG_{1A2}は回折格子G_{1A3}（投影レンズ3の光軸）に開して左右対称にそれぞれ設けられている。そして、各回折格子G_{1A1}～G_{1A3}は、G_{2A2}、G_{2A3}、G_{2A1}の順に回折格子のピッチが密となるように計算方向（X方向）に沿って配列されている。なお、本実施例における

回折格子 $G_{1A1} \sim G_{1A3}$ (補正光学素子) の具体的な構成及び機能については後で詳述する。

【0029】さて、図1に戻って、投影レンズ3に対して軸外から入射して、投影レンズの瞳(入射瞳)に達した照射光 $L B_1, L B_2$ は、それぞれ回折格子 G_{1A1} 及び G_{1A2} (照射光補正光学素子) により、各々の補正角 θ_1, θ_2 だけ補正するように偏向(回折)されて、ウエハ1上に形成されているウエハマーク $W M_1$ を所定の交差角を持った2方向で照射する。すると、ウエハマーク $W M_1$ 上には、流れる干渉縞が形成される。ここで、ウエハマーク $W M_1$ は、図5に示す如く、1ショット領域 $W M_1$ 外のストリートラインSL上において、X方向(計測方向)にピッチを有する回折格子で構成されている。

【0030】さて、図6に示す如く、照射光 $L B_1, L B_2$ がウエハマーク $W M_1$ を所定の交差角を持った照射することにより、照射光 $L B_1$ の-1次光 $D B_{11}$ (-1)と照射光 $L B_2$ の+1次光 $D B_{22}$ (+1)とが、ウエハ4面に対し法線方向(投影レンズ6の光軸と平行な方向)に発生する。ここで、ウエハマーク $W M_1$ のピッチ P_w は、アライメント光の波長を入とし、照射光 $L B_1, L B_2$ の交差角 θ_w とするとき、 $\sin \theta_w = \lambda / P_w$ の関係を満足するように設定されている。なお、図1及び図6中では、-1次光 $D B_{11}$ (-1)と+1次光 $D B_{22}$ (+1)とを検出光 $D B_w$ として示している。

【0031】図1に戻って、ウエハマーク $W M_1$ の法線方向に発生する検出光 $D B_w$ (-1次光 $L B W_1$ (-1)及び+1次光 $L B W_2$ (+1))は、投影レンズ3の主光線の光路上を進行し、投影レンズ6の瞳Pの中心に設けられた回折格子 G_{1A3} (検出光補正光学素子) により補正角 θ_3 だけ偏向(回折)された後、再びレチクル窓W1、反射鏡19、対物レンズ18、半透過鏡14を介して光電検出器21に達する。なお、光電検出器21は、上述した光電検出器20a, 20bと同様に対物レンズ18(あるいは投影レンズ3)の瞳共役な位置に設けられている。

【0032】以上の如く、本発明の第1実施例における基本構成によって、光電検出器17にて得られた参照信号、光電検出器20a, 20bにて得られたレチクル2の位置情報を含んだレチクル位置信号と、光電検出器21にて得られたウエハ4の位置情報を含んだウエハ位置信号とがそれぞれ検出される。そこで、レチクル2とウエハ4との相対的位置合わせについて説明する。光電検出器17からの光電信号(正弦波交流信号)を基本信号として、光電検出器20a, 20bにて得られるレチクルマーク $R M_1$ からの回折光の光電信号(正弦波交流信号)との位相差 ϕ_1 を不図示の位相検出系で検出する。同様にして、光電検出器20にて得られるウエハマーク $W M_1$ からの回折光の光電信号と基本信号との位相差 ϕ_2 を位相検出系にて検出する。そして、位相差 ϕ_1 と ϕ_2 の差を求めれば、レチクル2とウエハ4のX方向のずれ量がわかる。

この検出方式は所謂光ヘテロダイン方式と呼ばれ、レチクル2とウエハ4とが、レチクルマークの1ピッチ以内かつウエハマークの1/2ピッチ以内の位置誤差範囲内であれば、静止状態であっても高分解能で位置ずれ検出できるため、レチクル2のパターンをウエハ4のレジストへ露光している間に微小な位置ずれが生じないようにクローズド・ループの位置サーボをかけるのに好都合である。この検出方式では、 $\phi_1 - \phi_2$ が零(又は所定値)になるようにレチクル2又はウエハ4を移動させてアライメントを完了させた後、引き続きそのアライメント位置でレチクル2とウエハ4とが相対移動しないよう位相をサーボ・ロックをかけることができる。

【0033】尚、本実施例ではステップアンドリピート方式の露光時、ウェハ上の各ショット領域へのウェハステージの移動は、干渉系の計測値に基づいて行ない、2つの光束 $L B_1, L B_2$ の照射領域内にウエハマーク $W M_1$ が±1/2ピッチの精度で位置決めされたら、不図示の位相検出系からの情報のみに基づいてレチクルステージ、又はウェハステージを不図示のサーボ系でサーボ制御することができる。このときレチクルステージやウェハステージの駆動をDCモータで行ない、位相差 $\phi_1 - \phi_2$ に対応したアナログ電圧をD/Aコンバータ等で作り出し、このアナログ電圧をDCモータのサーボ回路に偏差電圧として直接印加することもできる。このサーボは、そのショット領域の露光終了時まで行なわれる。

【0034】このようにすると、干渉計の計測値に応じたサーボではないので、干渉計のビーム光路の空気密度のゆらぎ等によるステージの微小ゆらぎを低減させることができ可能である。そのため、不図示の位相検出系からサーボ制御が可能な位相差情報が得られた時点で、ウェハステージ側の干渉計の計測値をウェハステージ側のサーボ系から切り離してウェハステージのモータへの印加電圧を零にし、上述のアナログ電圧をレチクルステージ側のサーボ系に印加する。

【0035】このようにすると露光動作中に、特にウェハステージ側で発生する微小ゆらぎは抑えられ、ゆるやかなドリフト的な微動にすることができる、レチクルステージを高速に追従移動させることで、レチクルとウェハとの相対位置ずれをほぼ零に保つことが可能である。このため露光されたパターンの線幅の太りや解像低下がなく、極めて忠実な転写が達成される。

【0036】なお、光電検出器20a, 20bにて得られる干涉ビート信号の周波数の2つの交流信号は、信号の性質上はどちらも同じものであり、これらの内、どちらを不図示の位相検出系へ送ってもよい。ただし、本実施例でのレチクルからの光情報は、光束 $L B_1, L B_2$ との0次回折光と1次回折光との干渉で作られることから、1次光と0次光の光強度(光量)が大きく異なると位相差計測時にオフセットが生じることも考えられる。そこで、光電検出器20a, 20bからの2つの信号の和(又は

11

差) を演算するアナログ回路を通した後に、光電検出器 17からの基準信号との間で位相差 ϕ を計測するとい。もちろん、光電検出器 20a, 20b からの 2つの信号又は両者を合成した信号のうちのいずれか 1つを使うように切換え式にしてもよい。

【0037】次に本発明の第1実施例の特徴的な構成である回折格子 $G_{1A1} \sim G_{1A3}$ (補正光学素子) の具体的な構成、並びに機能について説明する。

【0038】図1に示す如く、投影レンズ3の瞳位置には、回折格子G_{1A1}～G_{1A3}が計測方向(X方向)に沿って配列されているが、今、回折格子G_{1A1}～G_{1A3}が配列されていない場合について考える。投影レンズ3は、露光光に対する色収差補正はなされているものの、レーザ光源10からの露光光とは別波長のアライメント光に対する色収差補正はなされていない。そこで、ウエハマークWM₁上の位置Aを所定の交差角を持った2方向で照射する光束L_{B1}、L_{B2}の投影レンズ8に対する結像関係について見る。

【0039】今、アライメント光のもとで投影レンズ3によりレチクル側に逆投影されるウエハマークWM_rの位置Aの仮想的な像を考えると、照射光束LB₁、LB₂の光路を逆方向に進行する光線、及び照射光束LB₁、LB₂により得られる検出光(回折光)の光路DB₁を進行する光線は、点線で示す如く、投影レンズ3による色収差によってレチクル2の上方の位置B_rで交差し、この交差位置にウエハマークWM_rの位置Aの仮想的な像が形成される。

【0040】一方、露光光のもとで投影レンズ3によりレチクル側に逆投影されるウエハマークWM₁の位置Aの像を考えると、このウエハマークWM₁の像は位置B₀に形成される。従って、露光光によるウエハマークWM₁の像の結像位置B₀に対して、Z方向（投影レンズ3の光軸方向）には、投影レンズ3の軸上色収差（以下、単に軸上色収差と称する。）が△Lだけ発生しており、X方向（投影レンズ3の光軸A x₀に垂直な方向）には、投影レンズ3の倍率色収差（以下、単に倍率色収差と称する。）が露光領域側へ△Tだけ発生している。

【0041】但し、倍率色収差量（横の色収差量） ΔT は、図1に示す如く、投影レンズ3を通過することによってガウス像面（レチクル2）上で結像する露光光と同じ波長の軸外光における主光線が上記ガウス像面（レチクル2）で交差する交差位置B₁から上記ガウス像面（レチクル2）上での投影対物レンズ3の光軸位置○までの距離を δ_1 、投影レンズ3を通過することによって上記ガウス像面（レチクル2）もしくはこれの前後で結像する露光光とは別波長のアライメント光における主光線が上記ガウス像面（レチクル2）で交差する交差位置B₁から上記ガウス像面（レチクル2）上での投影対物レンズ3の光軸位置○までの距離を δ_2 とするとき、 $\Delta T = |\delta_2 - \delta_1|$ で定義されるものである。

【0042】従って、軸上色収差によりアライメント光学系の振動や傾きが大きな検出誤差となり、高精度かつ安定したアライメントを達成することができなくなるばかりか、レチクルマークRM₁に隣接して設けられたレチクル窓W₁を大きくせざるを得なくなる。また、位置B₁は、倍率色収差によって位置B₀に対して左側(露光領域側)に△Tだけシフトしているため、レチクル2を真上から見た時には、交差位置B₁はレチクルの露光領域内に入り込んでしまう。この結果、ウエハマークW₁からのアライメント光の取り出しが困難となる。

〔0043〕本発明は以上の問題を克服するために、第1実施例では、まず照射光($L B_1, L B_2$)に対する軸上色収差($\Delta I.$)と倍率色収差(ΔT)とを同時に補正する機能を有する回折格子 G_{IA1}, G_{IA2} (照射光補正光学素子)を投影レンズの瞳(入射瞳)面の中心に対称となる位置に設けている。回折格子 G_{IA1}, G_{IA2} (照射光補正光学素子)は、互いに異なるピッチを有するようにならべて形成されている。従って、ウエハマーク WM_1 に向かう照射光 $L B_1$ は、回折格子 G_{IA1} にて回折されることにより補正角 θ_1 だけ偏向され、同じくウエハマーク WM_1 に向かう照射光 $L B_2$ は、回折格子 G_{IA2} にて回折されることにより、補正角 θ_2 だけ偏向される。但し、各種正角の関係は、 $\theta_2 < \theta_1$ である。

【0044】この結果、照射光 L_{B_1} と照射光 L_{B_2} との光路とが補正されるため、照射光 L_{B_1} , L_{B_2} はレチクル窓W1上ののみならずウエハマークWM₁上でも所定の交差角が維持された状態で交差する。よって、露光光とは別波長の照射光(L_{B_1} , L_{B_2})に対しても投影レンズ3に関して見掛け上、レチクル2とウエハ4との共

30 役関係が維持される。

【0045】また、ウエハマークWM₁からの回折した検出光DB₁に対する倍率色収差(ΔT)を補正するような回折格子G_{1,3}(検出光補正光学素子)が投影レンズ3の瞳面Pの中心位置に設けられている。これにより、投影レンズ3の主光線の光路上を進行してレチクル窓W₁に向かうウエハマークWM₁からの検出光DB₁は回折格子G_{1,3}にて回折されることによって補正角θ₃だけ偏向される。この結果、検出光DB₁の光路が補正されるため、検出光DB₁は、テレセントリック性が

40 維持された状態でレチクル窓W₁を垂直に入射した後、レチクル窓W₁での照射光L_{B1}, L_{B2}の交差位置を通過して、アライメント用対物レンズ19の光軸上に沿って進行し、最終的に光電検出器21に達する。なお、各補正角の関係は、θ₂<θ₃<θ₁となる。

【0046】以上にて説明した如く、補正光学素子としての回折格子 $G_{1A1} \sim G_{1A3}$ の回折作用によって、投影レンズ 3 の色収差（軸上色収差や倍率色収差）を良好に補正するように各アライメント光の光路をそれぞれ所定の角度（補正角） θ_1 ， θ_2 ， θ_3 だけ偏向させている。これにより、投影レンズ 3 の倍率色収差によってレ

チクル2の露光領域内に入り込んでしまう問題や軸上色収差による問題を解消できるため、投影レンズの設計及び製造を容易にしながらも、アライメント光学系の配置の自由度の格段なる向上が達成できる高性能なアライメント装置が実現できる。

【0047】ここで、補正光学素子としての回折格子 $G_{IA1} \sim G_{IA3}$ のピッチをそれぞれ $P_{IA1}, P_{IA2}, P_{IA3}$ とし、アライメント光の波長を λ_0 とするとき、補正角と各回折格子のピッチとには以下の関係が成立する。

$$P_{IA1} = m\lambda_0 / \sin \theta_1 \dots (1)$$

$$P_{IA2} = m\lambda_0 / \sin \theta_2 \dots (2)$$

$$P_{IA3} = m\lambda_0 / \sin \theta_3 \dots (3)$$

但し、mは回折光の次数（整数）である。

【0048】従って、回折格子 $G_{IA1} \sim G_{IA3}$ による補正角 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ は、図1から明らかな如く、 $\theta_2 < \theta_3 < \theta_1$ の関係となっており、上記（1）式～（3）式より、回折格子 $G_{IA1} \sim G_{IA3}$ のピッチは、 $P_{IA2} > P_{IA3} > P_{IA1}$ の関係となっている。よって、本実施例では、図2に示す如く、回折格子 G_{IA2} 、回折格子 G_{IA3} 、回折格子 G_{IA1} の順で格子のピッチが密となるように構成されている。

【0049】また、透明な円形状の基板1上に形成される補正光学素子としての回折格子 $G_{IA1} \sim G_{IA3}$ は、石英ガラス等の材質の基板1をエッティング処理して、位相型回折格子となるように構成されている。この時、アライメント光路を偏向させるm次回折光の回折効率を高くするには、位相型回折格子の段差dは、アライメント光の波長を λ_0 とし、アライメント波長光に対する基板の屈折率を n_0 、整数をmとすると、
 $d = (2m+1) \lambda_0 / 2(n_0 - 1) \dots (4)$

を満足するように構成することが望ましい。

【0050】この場合、回折格子は、露光光に対しても回折作用を持つので、投影レンズ3の結像機能に悪影響を及ぼす恐れがある。このため、回折格子上には、露光光を反射させて、アライメント光を透過させる波長分別機能を有する薄膜を蒸着等により形成することがより好ましい。また、アライメント光に対する回折効率が若干低下するものの、露光光に対する回折効率をほぼ零にするには、位相型回折格子の段差dは、露光光の波長を λ_0 とし、露光光に対する基板の屈折率を n_0 、整数をmとすると、
 $d = \lambda_0 m_0 / (n_0 - 1) \dots (5)$

を満足するように構成することが望ましい。

【0051】このように、本発明による第1実施例では、ウエハマーク WM_1 を2方向で照射する照射光 $L B_1, L B_2$ に対し投影レンズ3の軸上色収差と倍率色収差とを補正する回折格子 G_{IA1}, G_{IA2} と、ウエハマーク WM_1 からの検出光 $D B_1$ に対し投影レンズ3の倍率色収差を補正する回折格子 G_{IA3} とを投影対物レンズ3

の瞳位置あるいはそれの近傍の同一平面上に独立に配置している。

【0052】このため、仮にウエハマーク WM_1 の位置を計測方向（X方向）に対して垂直方向（Y方向）にずらしてウエハマーク WM_1 を打ち変えるために、アライメント光学系をY方向へ移動させた場合、あるいは異なる露光領域サイズのレチクルを使用することによってレチクル上でのレチクルマーク $R M_1$ 及びレチクル窓 W_1 の位置が計測方向（X方向）に移動する場合にも、常にアライメントのための照射光 $L B_1, L B_2$ とウエハマーク WM_1 からの検出光 $D B_1$ とが、投影レンズ3の瞳（入射瞳）位置を通過する位置は不变とすることが原理的に可能である。よって、本実施例における補正光学素子 $G_{IA1} \sim G_{IA3}$ は、ウエハマーク WM_1 を打ち変え及び異なるサイズのレチクルを使用した場合にも、十分に対応することが可能となる。

【0053】また、補正光学素子としての回折格子 $G_{IA1} \sim G_{IA3}$ は、照射光 $L B_1, L B_2$ と検出光 $D B_1$ とが投影レンズの瞳位置を通過する部分だけに形成すれば良い。従って、補正光学素子としての回折格子 $G_{IA1} \sim G_{IA3}$ は、露光光に対する影響を殆ど無視できる程、投影レンズの瞳面において占める割合を極めて小さくすることが原理的に可能となる。

【0054】さらに、より高い精度のアライメントを行うために、ウエハマーク WM_1 （回折格子）のピッチを微細にするとレチクルマーク $R M_1$ 及びウエハマーク $W M_1$ を2方向から照射する照射光 $L B_1, L B_2$ の交差角が大きくなるが、この場合、アライメント光学系中の対物レンズ18とAOM13aとの間の照射光 $L B_1$ の光路、及びアライメント光学系中の対物レンズ18とAOM13bとの間の照射光 $L B_2$ の光路中に交差角可変手段としての傾角可変な平行平面板を各々配置し、この平行平面板の傾角を変化させれば、交差角を可変にすることが可能となる。このとき、投影レンズ3の瞳面Pを通過する照射光 $L B_1, L B_2$ の位置が、図1においては計測方向（X方向）において変化ため、これに対応できる補正光学素子を有する別の透明の円形基板と交換可能に設けても良い。

【0055】なお、本実施例では説明を簡単にするために、X方向をアライメントする例を示しているが、レチクルマーク $R M_1$ とレチクル窓 W_1 とが設けられている非露光領域と隣合った非露光領域にY方向にピッチを有するレチクルマークとこれに隣接してレチクル窓とを設け、これらの上方に第2のアライメント光学系を設ければ、Y方向でのアライメントができるることは言うまでもない。このとき、補正光学素子としての回折格子は、Y方向に沿って上記回折格子 $G_{IA1} \sim G_{IA3}$ と同様な回折格子を設ければ良い。

【0056】さらに、本実施例では、照射光 $L B_1, L B_2$ と検出光 $D B_1$ とに対応する回折格子 $G_{IA1} \sim G_{IA3}$ とを投影対物レンズ3

G_{TA3} を設けているが、各々の回折格子においてピッチ方向に沿って次第にピッチを異ならせしてめて、個々の照射光 L_{B1}, L_{B2} と検出光 D_{B1}, D_{B2} とをレチクルと共に位置で各々集光させる構成を採用しても良い。この構成は、以下に述べる各実施例でも採用することができる。次に、本発明による第2実施例を図7を参考しながら説明する。図7～図10において、第1実施例と同一の機能を有する部材には同じ符号を付している。図7の(a)は、X方向(メリジオナル方向)と平行なXZ平面側から投影レンズ3を見た時の投影レンズ3を介するアライメント光の様子を示したものであり、図7の(b)は、図7の(a)と垂直な方向すなわち計測方向(Y方向あるいはサジタル方向)と平行なYZ平面側から投影レンズを見た時の投影レンズ3を介するアライメント光の様子を示したものである。

【0057】第2実施例におけるレチクル2上の回折格子のウエハマーク WM_1 及びこれに隣接したレチクル窓 WI は、図8の如く、第1実施例のそれらと比べると、同じ露光領域2a外に設けられているものの、ウエハマーク WM_1 の回折格子の配列方向(ピッチ方向)は、第1実施例と直交したY方向となっている。つまり、本実施例では、Y方向を計測方向としている例を示している。

【0058】不図示であるが、レチクル2の上方には、レチクルマーク RM_1 及びウエハマーク WM_1 を照射及び検出するための第1実施例と同様な構成のアライメント光学系が設けられている。また、投影レンズの瞳(入射瞳)位置には、補正光学素子としての回折格子 $G_{TA1}, G_{TA2}, G_{TA3}$ を有する透明な円形状の基板1上が設けられている。そして、照射光補正光学素子としての回折格子 G_{TA1}, G_{TA2} は、計測方向(Y方向)に沿って、瞳中心を挟んで互いに反対方向を向くように形成されており、また検出光補正光学素子としての回折格子 G_{TA3} は、非計測方向(X方向)にピッチを有するよう瞳中心に形成されている。

【0059】なお、レチクルマーク RM_1 及びウエハマーク WM_1 への照射、及びこれらからの回折光による検出については、第1実施例と同様なので説明を省略する。さて、本発明では、図7の(b)に示す如く、アライメント光学系からの2つの照射光 L_{B1}, L_{B2} は、所定の交差角を持った2方向でレチクル窓 WI を照射されると、投影レンズ3の瞳面P上に形成された回折格子 G_{TA1}, G_{TA2} による回折作用により互いに反対方向へ補正角 θ_1 だけ偏向されて、ウエハマーク WM_1 上を所定の2方向で照射することになる。ここで、ウエハマーク WM_1 は、図10に示す如く、ウエハ上の1ショット領域4aの外のストリートラインSL上に形成されており、ウエハ4のY方向の位置を計測するためにY方向にピッチを有している。

【0060】ウエハマーク WM_1 に対して法線方向に発

生する回折光 D_{B1} は、投影レンズの瞳面Pの中心に設けられた回折格子 G_{TA3} 、レチクル窓 WI を介して、不図示ではあるが図1に示す如きアライメント光学系の検出系に達する。一方、図7の(b)と垂直な方向では、図7の(a)に示す如く、アライメント光学系からの2つの照射光 L_{B1}, L_{B2} は、同一光路上を進行するよう投射レンズ3に対し軸外から入射し、投射レンズ3の瞳面Pの中心に達する。この位置には、回折格子 $G_{TA1}, G_{TA2}, G_{TA3}$ は計測方向(Y方向)に沿って配列されているため、図7の(a)では、これらが同一な位置に設けられたように見えるが、照射光 L_{B1}, L_{B2} は、回折格子 G_{TA1}, G_{TA2} により補正角 θ_2 だけ偏向されて、軸外に設けられたウエハマーク WM_1 を垂直に照射する。そして、ウエハマーク WM_1 から垂直方向に発生する検出用の回折光 D_{B1} は、投影レンズの瞳面の中心に設けられた回折格子 G_{TA3} により再び補正角 θ_2 だけ偏向されて、レチクル窓 WI を介して、不図示のアライメント光学系の検出系に達する。

【0061】このように、照射光補正光学素子として機能する回折格子 G_{TA1}, G_{TA2} は、計測方向(Y方向)と平行なYZ平面側から見た時には、照射光 L_{B1}, L_{B2} を補正角 θ_1 だけ偏向させ、これと同時にX方向と平行なXZ平面側から見た時には、補正角 θ_2 だけ偏向させる機能を有している。これを換言すれば、回折格子 G_{TA1}, G_{TA2} は、投影レンズ3の軸上色収差量 ΔL を補正するように、Y方向(計測方向)側では照射光 L_{B1}, L_{B2} を補正角 θ_1 だけ偏向させ、これと同時に投影レンズ3の倍率色収差量 ΔT を補正するように、X方向では照射光 L_{B1}, L_{B2} を補正角 θ_2 だけ偏向させている。

【0062】また、検出光補正光学素子として機能する回折格子 G_{TA3} は、投影レンズ3の倍率色収差量 ΔT を補正するように、X方向において検出光 D_{B1} を補正角 θ_2 だけ偏向させている。次に、本実施例における補正光学素子としての回折格子 $G_{TA1}, G_{TA2}, G_{TA3}$ の配置について説明する。本実施例の回折格子 $G_{TA1}, G_{TA2}, G_{TA3}$ が第1実施例と異なる点は、まず、これらが配列されている方向がY方向であり、また照射光補正光学素子としての回折格子 G_{TA1}, G_{TA2} のピッチが等しく、両者の格子の配列方向が互いに反対方向に傾いている点である。これは照射光 L_{B1}, L_{B2} を、Y方向(計測方向)側において互いに反対方向に補正角 θ_1 だけ偏向させ、X方向側において補正角 θ_2 だけ偏向させるためである。

【0063】ここで、回折格子 $G_{TA1} \sim G_{TA3}$ のピッチをそれぞれ $P_{TA1}, P_{TA2}, P_{TA3}$ とし、アライメント光の波長を λ 、Y方向に対する回折格子 G_{TA1}, G_{TA2} の傾きを θ_1 とするとき、補正角と各回折格子のピッチとには以下の関係が成立する。

$$\tan \theta_4 = \sin \theta_2 / \sin \theta_1 \quad \dots \quad (6)$$

$$P_{TA1} = P_{TA2} = m\lambda_s \cos \theta_4 / \sin \theta_1 \quad \dots \quad (7)$$

$$P_{TA3} = m\lambda_s / \sin \theta_2 \quad \dots \quad (8)$$

但し、mは回折次数（整数）である。

【0064】本実施例における補正光学素子の回折格子 $G_{TA1} \sim G_{TA3}$ も、第1実施例と同様に、投影レンズ3の瞳（入射瞳）面P上に配置されているため、瞳面Pの大きさに対してこれらの大きさを極めて小さくすることが可能であるため、露光光に対する影響を無視することができるが、これらの格子の段差が上述の条件（4）あるいは条件（5）を満足することが望ましい。

【0065】以上の如く、第2実施例においても第1実施例と同様に、投影レンズ3の色収差（軸上色収差や倍率色収差）を補正するように照射光及び検出光の光路を独立にコントロールできるため、第1実施例と同様な効果を達成することができる。なお、第2実施例では説明を簡単にするために、Y方向をアライメントする例を示しているが、レチクルマークRM₁とレチクル窓WI₁とが設けられている非露光領域と隣合った非露光領域にX方向にピッチを有するレチクルマークと共に隣接してレチクル窓とを設け、これらの上方に第2のアライメント光学系を設ければ、X方向でのアライメントができます。このとき、補正光学素子としての回折格子は、X方向に沿って上記回折格子 $G_{TA1} \sim G_{TA3}$ と同様な回折格子を設ければ良い。

【0066】次に、本発明による第3実施例は、第1実施例と第2実施例との補正光学素子を組み合わせた例を示しており、図11を参照しながら説明する。図11に示す如く、レチクル2は、露光領域2aの外側において、X方向の検出用のレチクルマークRM_{1A}、Y方向の検出用のレチクルマークRM_{1A}及びこれらに隣接して設けられたレチクル窓WI₁からなる第1のレチクルマーク群を有している。

【0067】一方、このレチクル2は、この第1のレチクルマーク群（RM_{1A}、RM_{1B}、WI₁）と対向する露光領域2aの外側にも、X方向の検出用のレチクルマークRM_{1B}、Y方向の検出用のレチクルマークRM_{1B}及びこれらに隣接して設けられたレチクル窓WI₂からなる第2のレチクルマーク群を有している。そして、不図示であるが、各マーク群に対してアライメント光を照射するための第1及び第2のアライメント光学系が各マーク群に対応して2つ設けられており。ここで、不図示の第1のアライメント光学系について第1実施例の図1を基本として説明すれば、レチクル2とウエハ4とに対する各々XY方向の2次元的な位置情報を得るために、まず図1の紙面と直交した方向にもう1組のAOMを配置されており、レーザ光源10からの光束を4分割して、この各々の光束を2組のAOMへ導くように構成されている。そして、各AOMにより、互いに光周波数を持った2組の照射光を半透過鏡14、対物レンズ18、反射鏡19を

介して第1のレチクルマーク群に対して、所定の交差角を持った4方向で照射される。一方、図1に示した検出系（20a, 20b, 21）は、本実施例においては、図12に示す如き構成を有している。光電検出器20a及び20bはX方向検出用のレチクルマークRM_{1A}からの検出光を、光電検出器20c及び20dはY方向検出用のレチクルマークRM_{1A}からの検出光をそれぞれ検出するように構成されている。また、光電検出器21aは図14に示す如きX方向検出用のウエハマークWM_{1A}からの検出光を、光電検出器21bはY方向検出用のウエハマークWM_{1A}からの検出光をそれぞれ検出するように構成されている。

【0068】なお、第2のアライメント光学系も第1のアライメント光学系と同様に構成されており、図11中において、AX₁は第1のアライメント光学系の光軸、AX₂は第2のアライメント光学系の光軸をそれぞれ示している。さて、第1アライメント光学系からの照射光LB_{1A1}、LB_{1A2}は、レチクルマークRM_{1A}に対して所定の交差角を持つように第1のレチクルマーク群をカバーするように照射され、同じく第1アライメント光学系からの照射光LB_{1B1}、LB_{1B2}は、レチクルマークRM_{1A}に対して所定の交差角を持つように第1のレチクルマーク群をカバーするように照射される。この時、照射光LB_{1A1}、LB_{1A2}を含む平面と照射光LB_{1B1}、LB_{1B2}を含む平面とは互いに直交している。

【0069】そして、各照射光LB_{1A1}、LB_{1A2}の逆光路を辿る各レチクルマークRM_{1A}からの回折光、及び各照射光LB_{1B1}、LB_{1B2}の逆光路を辿る各レチクルマークRM_{1A}からの回折光は、図12に示す如く、不図示のアライメント光学系中の対物レンズの瞳（入射瞳）と共に位置に設けられた光電検出器（20a, 20b, 20c, 20d）にて検出することにより、レチクル2のXY方向の2次元的な位置情報が得られる。

【0070】一方、第2アライメント光学系からの照射光LB_{2A1}、LB_{2A2}は、レチクルマークRM_{1B}に対して所定の交差角を持つように第2のレチクルマーク群をカバーするように照射され、同じく第2アライメント光学系からの照射光LB_{2B1}、LB_{2B2}は、レチクルマークRM_{1B}に対して所定の交差角を持つように第1のレチクルマーク群をカバーするように照射される。この時、照射光LB_{2A1}、LB_{2A2}を含む平面と照射光LB_{2B1}、LB_{2B2}を含む平面とは互いに直交している。そして、各照射光LB_{2A1}、LB_{2A2}の逆光路を辿る各レチクルマークRM_{1B}からの回折光、及び各照射光LB_{2B1}、LB_{2B2}の逆光路を辿る各レチクルマークRM_{1B}からの回折光は、図12に示す如く、不図示のアライメント光学系中の対物レンズの瞳と共に位置に設けられた各々光電検出器（20a, 20b, 20c, 20d）にてレチクル2の

19

X Y 方向の 2 次元的な位置情報が検出される

〔0071〕さて、レチクル窓W₁を通過した照射光L_{B1A1}、L_{B1A2}及び照射光L_{B1A1}、L_{B1A2}は、不図示の投影レンズの瞳面Pに達する。これと同時に、レチクル窓W₂を通過した照射光L_{B1B1}、L_{B1B2}及び照射光L_{B1B1}、L_{B1B2}も、不図示の投影レンズの瞳面Pに達する。投影レンズの瞳面Pには、図13に示す如く、透過性の円形基板1上において照射光補正光学素子としての回折格子が瞳中心に対し対称となるようX、Y方向に沿って並列的に形成されている。

【0072】そして、回折格子G_{T11}、G_{T12}は、第1実施例と同様に投影レンズの軸上色収差と倍率色収差を補正するように、第1のアライメント光学系からの照射光L_{B111}、L_{B112}をそれぞれ偏向させるとともに、回折格子G_{T21}、G_{T22}も、第1実施例と同様に投影レンズの軸上色収差と倍率色収差を補正するように、第2のアライメント光学系からの照射光L_{B211}、L_{B212}をそれぞれ偏向させる。また、回折格子G_{T11}、G_{T12}は、第2実施例と同様に投影レンズの軸上色収差と倍率色収差を補正するように、第1のアライメント光学系からの照射光L_{B1A1}、L_{B1A2}をそれぞれ偏向させるとともに、回折格子G_{T21}、G_{T22}も、第2実施例と同様に投影レンズの軸上色収差と倍率色収差を補正するように、第2のアライメント光学系からの照射光L_{B2A1}、L_{B2A2}をそれぞれ偏向させる機能を有している。

〔0073〕ここで、第1及び第2のアライメント光学系からのX方向を検出のための照射光（ L_{B1A1} ， L_{B1A2} ， L_{B2A1} ， L_{B2A2} ）に対して偏光機能を有する各回折格子とピッチとの関係は、回折格子 G_{1A1} のピッチを G_{P1A1} とし、回折格子 G_{1A2} のピッチを G_{P1A2} 、回折格子 G_{2A1} のピッチを G_{P2A1} 、回折格子 G_{2A2} のピッチを G_{P2A2} とするとき、以下の如くなる。

〔0074〕

G_{P1A1}(=G_{P1B1}) < G_{P1A2}(=G_{P1B2})………(9)
 また、第1及び第2のアライメント光学系からのY方向を検出のための照射光(L_{B1A1}, L_{B1A2}, L_{B1B1}, L_{B1B2})に対して偏向機能を有する各回折格子のピッチ方向は、投影レンズの瞳中心に対して互いに反対方向に傾いている。

〔0075〕従って、図13に示した如き照射光補正光学系としての回折格子の配置によって、各アライメント光学系からの照射光の光路補正されて、ウエハ上に形成された各ウエハマークを所定の2方向で照射することになる。すなわち、第1のアライメント光学系からの照射光し B_{1A1} 、 L_{B1A2} は、図13に示す如く、ウエハマーク WM_{1A} を2方向で照射し、第1のアライメント光学系からの照射光 L_{B1A1} 、 L_{B1A2} は、ウエハマーク WM_{1A} を所定の2方向で照射する。これによって、各ウエハマーク WM_{1A} 、 WM_{1A} からの回折光の内で検出用の

回折光が投影レンズの瞳中心へ向かう。

【0076】一方、第2のアライメント光学系からの照射光 L_{B11} 、 L_{B12} は、ウエハマーク WM_{11} を照射し、第2のアライメント光学系からの照射光 L_{B21} 、 L_{B22} は、ウエハマーク WM_{12} を所定の2方向で照射する。これによって、各ウエハマーク WM_{11} 、 WM_{12} からの回折光の内で検出用の回折光が投影レンズの瞳中心へ向かう。

【0077】投影レンズの瞳中心には、図13に示す如く、X方向にピッチを有する検出光補正光学系としての回折格子G₃が設けられており、この回折格子G₃は、投影レンズの倍率色収差を補正するように、ウエハマークWM_{1A}、WM_{1A}からの検出用の回折光と、ウエハマークWM_{1A}、WM_{1A}からの回折光の内で検出用の回折光とを偏向させて、各アライメント光学系へ導く。従って、これらの検出光は、図12に示す如く、不図示の各アライメント光学系の対物レンズの瞳共役に設けられた光電検出器(21a, 21b)にてウエハマークのXY方向の2次元的な位置情報が検出される。

20 【0078】以上の如く、第3実施例においても第1及び第2実施例と同様に、投影レンズ3の色収差（軸上色収差や倍率色収差）を補正するように照射光及び検出光の光路を独立にコントロールできるため、第1及び第2実施例と同様な効果を達成することができる。なお、本実施例においても、補正光学素子としての各回折格子($G_{1A1}, G_{1A2}, G_{1B1}, G_{1B2}$)は、上記段差の条件(4)あるいは条件(5)を満足することが望ましい。

〔0079〕 次に、本発明による第4実施例を図15を参照しながら説明する。本実施例では、照射光補正光学素子の回折格子 G_{111} 、 G_{112} と検出光補正光学素子の回折格子 G_{113} が配置される位置は実施例1と同様であるが、各回折格子のピッチが第1実施例のものよりも小さく構成されており、これにより、照射光路と検出光路とをより露光領域外へ偏向させている。

【0080】ここで、第15図中におけるB₁はアライメント光のもとでウエハマークWM₁上の位置Aが投影レンズ3により仮想的に結像される位置（軸上色収差と倍率色収差とが発生した状態）、B₂は露光光のもとでウエハマークWM₁上の位置Aが投影レンズ3により結像される位置（色収差が発生していない状態）、B₃は投影レンズ3の軸上色収差を補正しながら、これの倍率色収差を過剰に補正している状態でウエハマークWM₁上の位置Aが投影レンズ3により結像される位置である。

【0081】以上にて説明した第1～第3実施例では、照射光補正光学素子の回折格子 G_{1A1} , G_{1A2} 及び検出光補正光学素子の回折格子 G_{1A3} は、ともに倍率色収差を補正するように照射光と検出光を偏向させているが、第4実施例では、照射光補正光学素子の回折格子 G_{1A1} , G_{1A2} 及び検出光補正光学素子の回折格子 G_{1A3}

21

G_{1A3} は、投影レンズ3の倍率色収差量 ΔT 以上の倍率色収差量 $\Delta T'$ を発生させるように、照射光 $L B_1, L B_2$ と検出光 $D B_1$ を偏向させている。すなわち、照射光補正光学素子の回折格子 G_{1A1}, G_{1A2} は、投影レンズ3の軸上色収差量 ΔL と同等の軸上色収差量を発生させる（投影レンズ3の軸上色収差を補正する）とともに、投影レンズ3の倍率色収差量 ΔT 以上の倍率色収差量 $\Delta T'$ を発生させる（投影レンズ3の倍率色収差を過剰補正する）ように、照射光 $L B_1, L B_2$ をレチクル上でのより露光領域の外側の位置 B_1, B_2 へそれぞれ補正角 θ_1, θ_2 だけ偏向させている。また、検出光補正光学素子の回折格子 G_{1A3} は、投影レンズの倍率色収差量以上の倍率色収差量 $\Delta T'$ を発生させる（投影レンズの倍率色収差を過剰補正する）ように、検出光 $D B_1$ をレチクル上でのより露光領域外側の位置 B_1, B_2 へ補正角 θ_1, θ_2 だけ偏向させている。

【0082】これにより、レチクルマーク $R M_1$ 及びレチクル W_1 をより露光領域外側へ設けることができ、アライメント光路を偏向させるための反射鏡18が露光領域を遮光しないための配慮条件を緩和させることができる。さらに、本実施例では、以下に述べる利点を有する。スルーザレチクル（TTR）方式では、レチクル上のレチクルマーク $R M_1$ を回路バターン領域の極近傍に設けるとともに、ウエハ上のウエハマーク $W M_1$ をショット領域（例えばストリートラインST内）に設けて、アライメント位置と露光位置とを一致させたダイ・バイ・ダイ（D/D）アライメント法が容易に実現できる。この場合、ウエハ上のマーク $W M_1$ をアライメントする時には、レジストの感光が起こらないものの、露光時には、ウエハマーク $W M_1$ からのアライメント光を取り出すためのレチクル窓を介した露光光がウエハ上のマーク上のレジストを感光させてしまう恐れがある。その結果、現像後にプロセスに直すと、ウエハマーク $W M_1$ が破壊されてしまい、次の露光工程では、そのマークを使用することができない場合がある。

【0083】これに対し、第4実施例では、レチクル窓 W_1 をより露光領域外側へ設けることが原理的に可能となり、ウエハマーク $W M_1$ の保護ができる。なお、第4実施例でも、補正光学素子が投影レンズの瞳面に設けられているため、第1実施例～第3実施例と同様な効果を達成できることは言うまでもない。さらに、本実施例においても、補正光学素子としての各回折格子（ $G_{1A1}, G_{1A2}, G_{1A3}$ ）は、条件（4）もしくは条件（5）の段差の条件を満足することが好ましい。

【0084】次に、本発明による第5実施例を図16を参照しながら説明する。露光光とは異なる波長光を発するレーザ光源30からの光束は反射鏡31、対物レンズ32、反射鏡33を介して、レチクル2上を斜入射する。レチクル上には、図17に示す如く、レチクル窓 W_1 と、これと隣接して設けられた透過型の回折格子 G_2 が設けられ

22

ている。また、レチクル2と投影レンズ3との間には、図18の（a）に示す如く、照射光補正光学素子の回折格子 G_{1A11} が形成された円形状の透過型の基板1aが配置されており、投影レンズ3の瞳位置には、図18の（b）に示す如く、検出光補正光学素子の回折格子 G_{1A12}, G_{1A13} が瞳中心に対し対称となるようにX方向に沿って形成された円形状の透過型の基板1bが配置されている。

【0085】さて、レーザ光源30からの光束 $L B$ は、レチクル上のレチクル窓 W_1 を介し、照射光補正光学素子の回折格子 G_{1A11} により、投影レンズの倍率色収差量以上の倍率色収差量 $\Delta T'$ を発生させるように、補正角 θ_{11} だけ偏向される。その後、投影レンズ3の瞳中心を介して、ウエハ4上に形成されたウエハマーク $W M_1$ を垂直に照射する。そして、このウエハマークから発生する±1次回折光 $D B (+1), DB (-1)$ は、それぞれ投影レンズ3の瞳面Pに達する。そして、検出光補正光学素子の回折格子 G_{1A12}, G_{1A13} により、投影レンズ3の軸上色収差量 ΔL と倍率色収差量 ΔT に対し同等の軸上色収差量 ΔL と倍率色収差量 ΔT とを発生させる（投影レンズ3の軸上色収差と倍率色収差とを補正する）よう、+1次回折光 $D B (+1)$ と-1次回折光 $D B (-1)$ とをそれぞれ補正角 θ_{12}, θ_{13} だけ偏向させる。その後、+1次回折光 $D B (+1)$ と-1次回折光 $D B (-1)$ とはレチクル2上に形成された透過型の回折格子 G_2 上を所定の2方向で照射し、この回折格子 G_2 によって回折される。そして、+1次回折光 $D B (+1)$ と-1次回折光 $D B (-1)$ との照射により、回折格子 G_2 の法線方向に発生する回折光同士が互いに干渉しながら反射鏡33、対物レンズ32を介して、光検出器34にて光電検出される。

【0086】ここで、ウエハ4の位置検出は、不図示のウエハ4を載置しているウエハステージを走査させることにより、光検出器34では、ウエハ4の位置に対応した強度信号が得られ、この強度信号を検出することによりウエハの位置決めが達成される。以上の如く、本実施例では、照射光補正光学素子の回折格子 G_{1A11} と検出光補正光学素子の回折格子 G_{1A12}, G_{1A13} とで発生させていく倍率色収差量を異ならせしめているため、照射光と検出光との分離を容易にすることができます。

【0087】また、本実施例においても第1～第4実施例と同様に、補正光学素子としての回折格子 $G_{1A11} \sim G_{1A13}$ は、照射光 $L B_1, L B_2$ と検出光 $D B_1$ とが通過する部分だけに形成すれば良いので、補正光学素子としての回折格子 $G_{1A11} \sim G_{1A13}$ は、露光光に対する影響を殆ど無視できる程、投影レンズの瞳面において占める割合を極めて小さくすることが原理的に可能となる。さらに、回折格子 $G_{1A11} \sim G_{1A13}$ は、前述した段差の条件（4）または条件（5）を満足することがより好ましい。

【0088】なお、第1実施例～第4実施例では、互いに異なる光周波数の回折光を被検マークに対し2方向で照射して、このマークから回折されるビート干渉光を光電検出してアライメントを行う、所謂ヘテロダイニアライメント方式を採用しているが、第5実施例に示した如く、被検マークに対し光を照射して、このマークから回折される2つの回折光を干渉させて、ウエハの位置に応じた光強度を光電検出してアライメントを行う、所謂ホモダイニアライメント方式を採用した場合にも、本発明は有効であることは言うまでもない。また、第5実施例のレーザ光源を、例えば互いに直交した方向で僅かに異なる光周波数差を持った光束を供給するゼーマンレーザに交換し、ビート干渉光を光電検出するヘテロダイン方式のアライメントを行っても良い。

【0089】さらに、第1実施例～第4実施例では、照射光補正光学素子と検出光補正光学素子とを、レチクルとウエハとの間で分離して設け、照射光と検出光とにに対し独立に機能するようしているが、被検マークに対し2方向で照射している照射光路を逆に辿るピート干渉光（照射光LB₁：の0次光と照射光LB₂：の-2次光または照射光LB₂：の0次光と照射光LB₂：の+2次光）を光電検出するようにすれば、検出光補正光学素子を省略することも可能である。

【0090】また、第1実施例～第5実施例では、TTR方式のアライメントを行っているが、本発明はこれに限るものではなく、例えば、レチクル2と投影レンズ3との間に反射鏡を配置するとともにこの反射鏡の反射方向にアライメント光学系を配置して、投影レンズ3を介してウエハマークをアライメントするTTR方式のアライメントを行えることは言うまでもない。

【0091】また、本実施例による第1実施例～第5実施例では、照射光路と検出光路とのアライメント光路をコントロールする補正光学素子として回折格子を設けているが、これの代わりに、楔上の微小なプリズムを設けても良い。このとき、露光光に対するプリズムによる影響を軽減させるためには、露光光が照明される側のプリズム面には、露光光を反射させ、アライメント光を透過させる波長分別機能を持つ薄膜を蒸着させることが望ましい。

[0092] また、補正光学素子としてフレネルゾーンプレートとして機能させるように構成しても良い。例えば図4、図9に示した如き補正光学素子G_{IA11}～G_{IA13}をそれぞれ図19、図20に示す如くRを中心とした同心円状のフレネルゾーンプレートとして構成しても良い。ここで、図19、図20に示す各補正光学素子G_{IA11}～G_{IA13}は中心Rから半径方向に離れるに従ってピッチが密となるように構成されているため、レンズ作用を有している。これにより、レチクル窓でのビームの広がりを抑えることができる。この場合、フレネルゾーンプレートは、先に述べた条件(4)または条件(5)を満

足することが好ましい。

【0093】なお、図19、図20に示した補正光学系子 $G_{IA11} \sim G_{IA13}$ を応用して図13の如く組み合わせても良い。さて、次に本発明による第6実施例について図21及び図22を参照しながら説明する。

【0094】本実施例は、先に述べた第1乃至第5実施例のレーザ干渉によるアライメントと異なり、ウエハマークWM₁の像を検出する画像アライメント系に応用した例を示す。先に説明した図1に示す第1実施例に対して本実施例が異なる点は、半透過鏡14の反射方向に照明光学系(40～45)を設け、半透過鏡14の反射方向に像検出光学系(46, 47)を設けた点である。

【0095】図21に示す如く、光源30から発する例え
ば可視光は、 σ 絞り41、フィルター42を介すことによ
り所定の波長域の光にされた後、レンズ43、視野絞り4
4、レンズ34、半透過鏡14、対物レンズ18、反射鏡19、
レチクル窓W1及び投影レンズ3を介してウエハ4上の
ウエハマークWM₁を均一に照明する。そして、このウ
エハマークWM₁からの反射光は、投影レンズ3、レチ
クル窓W1、反射鏡19、対物レンズ18、半透過鏡14、結
像レンズ46を介してCCDまたは撮像管等の像検出器47
上に結像される。

【0096】ここで、本実施例の投影レンズ3の瞳位置Pには、図4に示した如き回折格子G_{1A1}、G_{1A2}、G_{1A3}が配置されており、これらによってアライメント光に対する投影レンズ3の軸上色収差並びに倍率色収差が補正される。具体的には、投影レンズ3の光軸A_{x0}に対し偏心した位置(軸外の位置)に設けられた第1の回折格子G_{1A1}、G_{1A2}は、投影レンズ3の軸上色収差量△Lと同等な軸上色収差量を補正する共に、投影レンズ3の倍率色収差△Tを補正するように、ウエハマークWMからの広がる反射光L_{B1}、L_{B2}をそれぞれθ₁、θ₂だけ偏向させている。また、投影レンズ3の光軸A_{x0}に対し偏心した位置(軸上の位置)に設けられた第2の回折格子G_{1A3}は、投影レンズ3の倍率色収差△Tを補正するように、ウエハマークWM₃から垂直方向に進む反射光L_{B3}をθ₃だけ偏向させている。

【0097】従って、補正位置B₀（露光光のもとでウエハマークWM₀の像が投影レンズ3により逆投影される位置）には、回折格子G_{1A1}、G_{1A2}、G_{1A3}によって補正されたウエハマークWM₀の像が形成されるため、像検出器17によって高精度なアライメントが達成できる。ここで、本実施例による画像アライメント系を図2.2を参照しながら簡単に説明する。

【0098】図22(a)に示す如く、レチクル2上のレチクル窓W1内にはウエハマークWM₁の像が形成されており、この時、像検出器47では図22(b)に示す如き信号が得られる。このため、レチクル窓W1内に形成されるウエハマークWM₁像の中心cに対するレチクル窓Wの両端間の中心eとのずれ量△がレチクル2とウ

25

エハ4とのズレに対応する。

【0099】従って、このずれ量 Δ が零となるようにウエハ2を保持している不図示のウエハステージを移動させることにより、アライメントが達成される。以上の如く、回折格子 G_{IA1} , G_{IA2} , G_{IA3} によってウエハマーク WM_i の像の位置を補正できるため、像検出器47による高精度な画像アライメントが達成できる。

【0100】尚、本実施例による画像アライメントは、図15の如く、投影レンズ3の倍率色収差量 ΔT 以上の倍率色収差量 $\Delta T'$ を発生させて、ウエハマーク WM_i からの反射光 $L_{B1} \sim L_{B3}$ をより露光領域外へ偏向させる機能を回折格子 G_{IA1} , G_{IA2} , G_{IA3} に持たせた場合にも適応できることは言うまでもない。

【0101】

【発明の効果】以上の如く、本発明によれば、比較的簡単な構成であるにもかかわらず、投影レンズの軸上色収差を補正しながら、倍率色収差をコントロールできるため、アライメント光学系の配置を容易にしながら、投影レンズの設計及び製造を容易できる高性能なアライメント装置を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による第1実施例の概略構成図。

【図2】本発明による第1実施例のレチクルの様子を示す平面図。

【図3】本発明による第1実施例のレチクルマークに光を照射した時に回折光が発生する様子を示す図。

【図4】本発明による第1実施例の投影レンズの瞳面上に形成されている回折格子の様子を示す平面図

【図5】本発明による第1実施例のウエハマークに光を照射した時に回折光が発生する様子を示す図。

【図6】本発明による第1実施例のレチクルにより露光されるウエハ上のショット領域の様子を示す平面図。

【図7】本発明による第2実施例の概略構成図。

【図8】本発明による第2実施例のレチクルの様子を示す平面図。

【図9】本発明による第2実施例の投影レンズの瞳面上に形成されている回折格子の様子を示す平面図

【図10】本発明による第2実施例のレチクルにより露

26

光されるウエハ上のショット領域の様子を示す平面図。

【図11】本発明による第3実施例におけるアライメント系の1部を示す斜示図。

【図12】本発明による第3実施例における検出器の様子を示す平面図。

【図13】本発明による第3実施例の投影レンズの瞳面上に形成されている回折格子の様子を示す平面図。

【図14】本発明による第3実施例のレチクルにより露光されるウエハ上のショット領域の様子を示す平面図。

【図15】本発明による第4実施例の概略構成図。

【図16】本発明による第5実施例の概略構成図。

【図17】本発明による第5実施例のレチクルの様子を示す平面図。

【図18】本発明による第5実施例におけるレチクルとウエハとの間に設けられている回折格子の様子を示す平面図。

【図19】図4に示した補正光学素子をフレネルゾーンプレートとした場合の構成を示す平面図。

【図20】図9に示した補正光学素子をフレネルゾーンプレートとした場合の構成を示す平面図。

【図21】本発明による第6実施例の概略構成図。

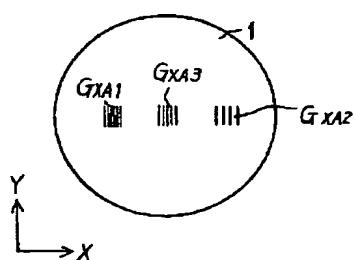
【図22】本実施例による第6実施例の画像アライメントを説明するための図。

【主要部分の符号の説明】

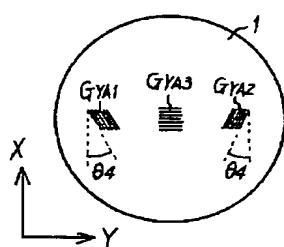
1, 1a, 1b … 透明基板, 2 … レチクル, 3 … 投影レンズ, 10, 30 … レーザ光源, 11, 14 … 半透過鏡, 13a, 13b … 光変調器 (AOM_1 , AOM_2), 15 … 集光レンズ, 16 … 基準回折格子, 18 … 対物レンズ, 12, 19, 31, 33 … 反射鏡, 17, 20a, 20b, 20c, 20d, 21, 21a, 21b, 34

30 … 光電検出器, 2a … 露光領域, 4a … ショット領域, WI , WI_1 , WI_2 … レチクル窓, RM_{IA} , RM_{TA} , RM_{RA} , RM_{RB} … レチクルマーク, WM_{IA} , WM_{TA} , WM_{RB} , WM_{TB} … ウエハマーク, G_{IA1} , G_{IA2} , G_{IA3} , G_{TA1} , G_{TA2} , G_{RB1} , G_{RB2} , G_{TB1} , G_{TB2} , G_{IA11} , G_{IA12} … 照射光補正光学素子, G_{IA3} , G_3 , G_{IA13} … 検出光補正光学素子, L_{B1} , L_{B2} , L_{B1A1} , L_{B1A2} , L_{B1A1} , L_{B1A2} , L_{B1B1} , L_{B1B2} , L_{B1B1} , L_{B1B2} … 照射光, DB_1 , DB_2 … 検出光

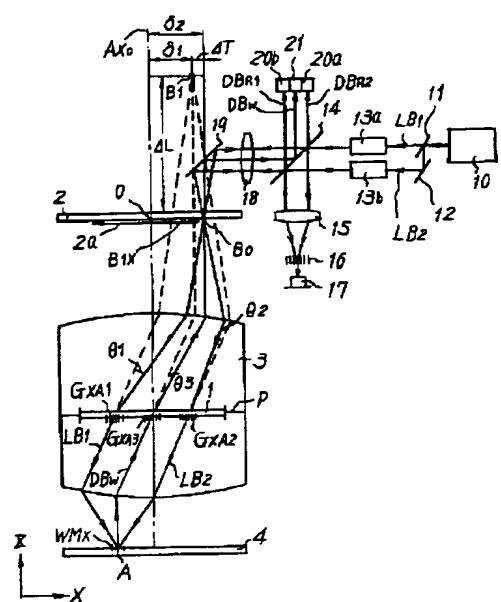
【図4】



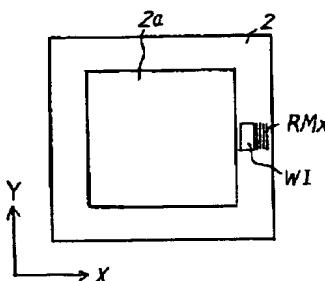
【図9】



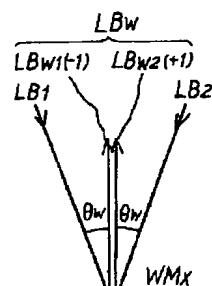
【図1】



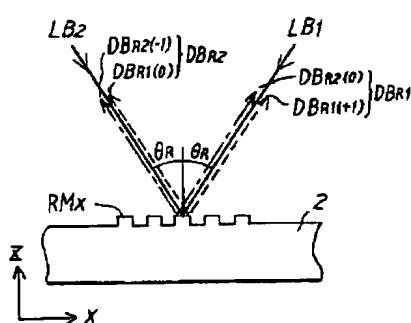
【図2】



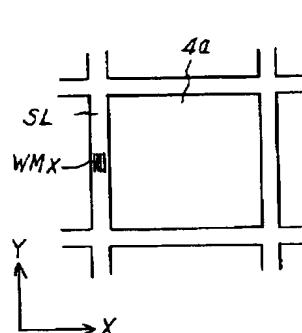
【図6】



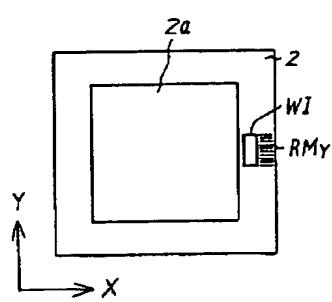
【図3】



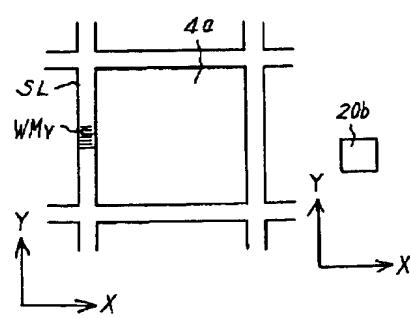
【図5】



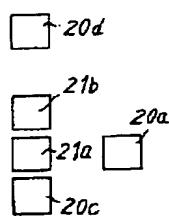
【図8】



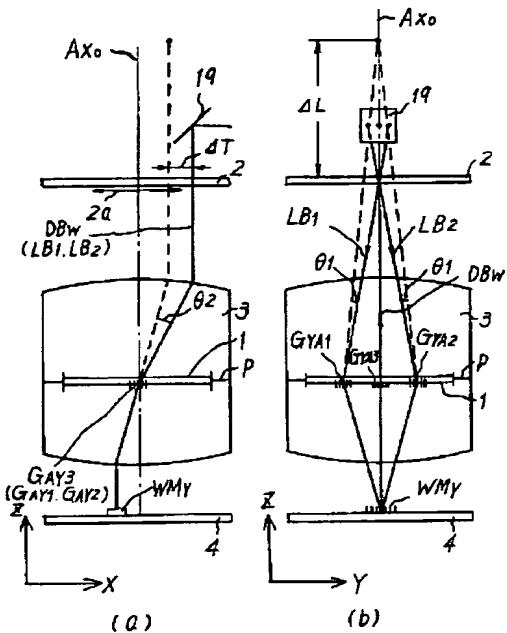
【図10】



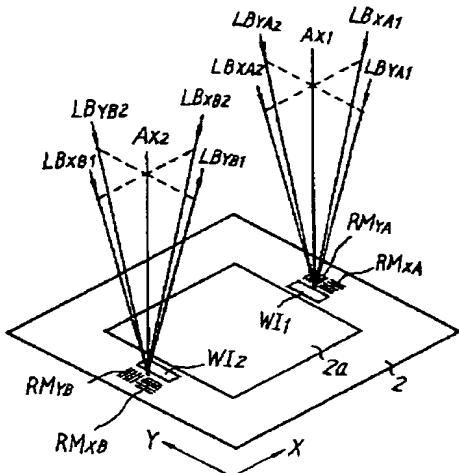
【図12】



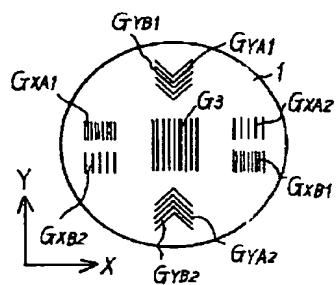
[図7]



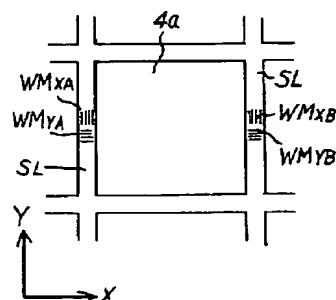
〔図11〕



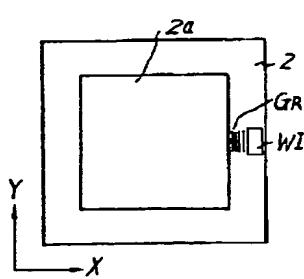
[☒ 1 3]



【图 1-4】



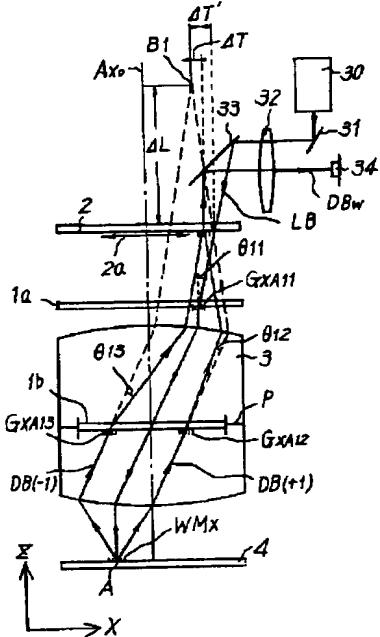
[図17]



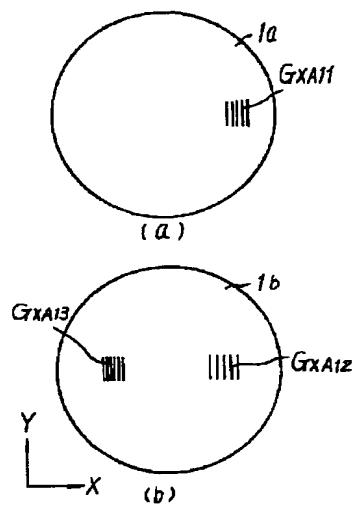
This technical drawing illustrates a mechanical assembly with several labeled parts:

- Top Left:** A vertical column with a top cap labeled A_1 . The top cap has two small rectangular cutouts labeled ΔT and $\Delta T'$.
- Top Right:** A vertical column labeled B_1 at its top, which tapers down to a horizontal plate labeled 19 . This plate is connected to a horizontal bar labeled $L B_1$.
- Middle Left:** A horizontal bar labeled 2 with a central vertical slot labeled $2a$.
- Middle Center:** A vertical column labeled B_0 at its base, which tapers down to a horizontal plate labeled B_2 .
- Middle Right:** A vertical column labeled B_2 at its top, which tapers down to a horizontal plate labeled LB_2 . This plate is connected to another horizontal bar labeled DB_W .
- Bottom Left:** A vertical column labeled $G X A_1$ at its base, which tapers down to a horizontal plate labeled 3 . This plate is connected to a horizontal bar labeled $W M x$.
- Bottom Right:** A vertical column labeled $G X A_2$ at its base, which tapers down to a horizontal plate labeled 4 .
- Bottom Center:** A horizontal bar labeled A with a central vertical slot.
- Bottom Left Labels:** X and X' indicating coordinate axes.
- Central Labels:** θ_3 , θ_1 , θ_1' , θ_2 , and θ_2' representing angles or orientations.

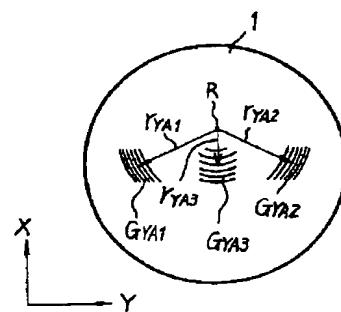
【図16】



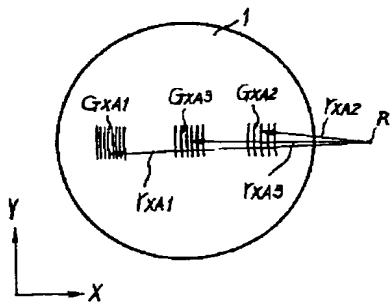
【図18】



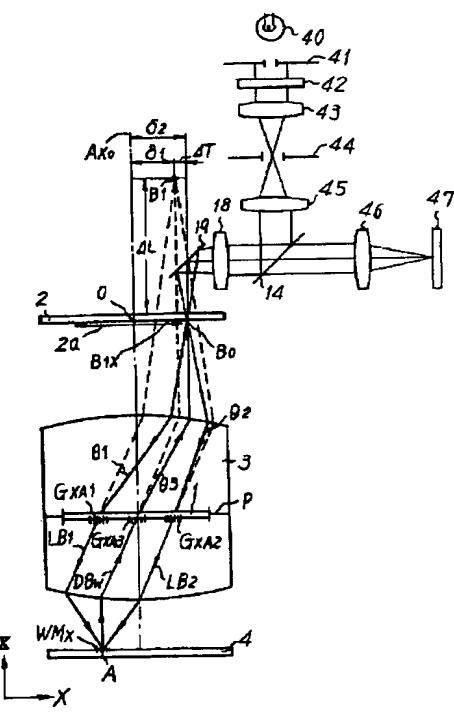
【図20】



【図19】



【図21】



(18)

特開平5-160001

[図22]

